优化高炉炼铁原料采购与烧结高炉配矿一体化的思路和方法

许满兴
(北京科技大学,北京 100083)

摘 要:通过介绍优化高炉炼铁原料采购与烧结、高炉配矿的思路、原则及方法来阐述了优化高炉炼铁原料采购与烧结、高炉配矿一体化的思路;并通过介绍优化烧结配矿的五个方案和优化高炉配矿的四个方案实例来分析和评价了优化高炉炼铁原料采购与烧结、高炉配矿一体化的应用效果。

关键词:炼铁原料采购;烧结配矿;高炉配矿;一体化
中图分类号:TF046.4;TF52 文献标识码:A 文章编号:1000-8764(2016)05-0001-07
doi:10.13403/j.sjqt.2016.05.054

Ideas and methods of integrated optimization of BF iron-making raw materials procurement and sintering and BF proportioning

Xu Manxing
(*University of Science and Technology Beijing*, *Beijing* 100083)

Abstract The ideas of integrated optimization of BF iron-making raw materials procurement and sintering and BF proportioning were described through introduction of their ideas, principles and methods in this paper. The application effects of integrated optimization of BF iron-making raw materials procurement and sintering and BF proportioning were analyzed and evaluated through five schemes of sintering proportioning optimization and four schemes of BF proportioning optimization.

Key words iron-making raw material procurement; sintering proportioning; blast furnace proportioning; integration

1 前 言

高炉炼铁是一个复杂的系统工程,从炉料结构、炉料质量、炉内操作到高炉设备相互关联,其本身又有优化配料、炉内外操作、富氧喷煤、上料系统、热风系统、冷却系统到高炉长寿互相关联等。烧结作为其原料供应的主要环节之一,其从原料采购、优化配矿、烧结操作、冷却余热利用,烟气脱硫脱硝一体化净化处理,直到破碎、筛分整粒入炉六部分相互关联。此外,烧结操作又从准确配料到强化制粒、偏析布料、低负压点火操作互相关联。在这个复杂的系统工程中,以往均采用局部优化处理问题,特别是很少有把原料采购与烧结、高炉配矿一体进行综合优化考虑。而多年来的生产实践证明,高炉炼铁的原料采购是企业降本增效的关键环节[1]。高炉炼铁作为铁矿物的加工工业,离开了炼铁原料的采购和配矿优化,就失去了优化高炉炼铁的基础。但是多年来钢铁企业的原料采购部门,往往从铁矿石的贸易出发,而不从烧结和高炉炼铁的生产出发,现在我们强调的优化原料采购与烧结、高炉配矿的一体化,不只是

收稿日期:2016-09-08
作者简介:许满兴(1938-),男,高工,国家人事部钢铁冶金专家,长期从事烧结、球团和高炉炼铁的研究工作。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

烧结配矿的优化和高炉配矿的优化，而是重在原料采购与烧结、高炉配矿的一体化优化。

现代钢铁生产已进入了互联网时代，互联网思维就是用户思维[2]。原料采购是为烧结和高炉炼铁服务的，烧结和高炉就是采购的用户，也是采购的终端。因此，把原料采购与烧结和高炉炼铁联系起来一体综合优化，不仅是钢铁企业内生产上的有机联系，也是进入互联网时代的必然结果。

2 烧结、高炉炼铁原料采购的优化

2.1 优化烧结、高炉炼铁原料采购的价值

由中国钢铁工业协会对标挖潜办公室每年公布的全国62家钢企原燃料采购成本对比(见表1)。可见，同一质量的原燃料在不同企业的采购价存在很大的差别，在近几年全国钢铁企业处于“困境”时期，已远远超过生产吨钢可能达到的效益。因此，优化配矿，降低采购成本已成为多数企业降本增效的关键环节。

表1 全国62家钢铁企业原燃料采购成本对比表(元/t)

时 间	项 目	国产精矿	进口粉矿	喷吹煤	冶金焦	炼焦煤
2012年1~12月	年平均采购成本	875.77	931.85	1 058.55	1 692.05	
	最低前五家采购成本	675.40	817.18	718.10	1 510.41	
	最高前五家采购成本	1125.29	1254.63	1231.85	1 915.92	
	高低采购成本相差	449.90	437.75	513.76	405.51	
	高、低成本相差幅度/%	39.98	34.87	41.71	21.17	
2013年1~11月	年平均采购成本	867.06	916.37	871.63	1 406.25	1 093.88
	最低前五家采购成本	681.14	767.40	596.68	1227.19	940.92
	最高前五家采购成本	1092.47	1322.09	1037.22	1 576.89	1 241.74
	高低采购成本相差	411.33	554.69	440.53	349.79	300.82
	高、低成本相差幅度/%	60.39	72.38	73.83	28.50	31.97
2014年1~12月	年平均采购成本	697.82	714.57	722.40	1 100.83	877.07
	最低前五家采购成本	619.40	626.73	501.92	926.98	699.27
	最高前五家采购成本	965.02	899.62	877.91	1 245.06	995.88
	高低采购成本相差	345.62	272.89	375.99	318.09	296.61
	高、低成本相差幅度/%	55.80	43.54	74.91	34.31	42.42
2015年1~12月	年平均采购成本	469.81	456.40	418.12	704.69	547.70
	最低前五家采购成本	411.15	395.93	232.27	553.64	378.84
	最高前五家采购成本	583.45	696.01	777.66	1 043.06	820.42
	高低采购成本相差	172.30	300.09	359.54	338.40	272.66
	高、低成本相差幅度/%	41.90	75.79	85.99	48.02	49.78

注：2014年1~12月采购成本最低的5家企业分别为：炼焦煤：河北普阳、唐山建龙、首钢长治、石横特钢、山西新临钢；喷吹煤：新疆八一、陕西龙钢、河北普阳、首钢长治、陕西太钢；冶金焦：陕西龙钢、河北普阳、唐山建龙、新兴铸管、石家庄钢铁；国产铁精粉：湖北鄂钢、新疆八一、广东韶钢、内蒙包钢、辽宁凌钢；进口粉：天津荣成、南京钢铁、常州中天，山西太钢、湖北鄂钢。

表1中所列数据为原燃料采购成本折算成62%品位年平均到厂价，不含税成本(即入库成本)，包括国内运费、装卸费、保险费、港口存储费，并扣除了途耗。若同一品种有不同品质和级别，则根据采购加权平均的方法处理[3]。

根据表1的数据，笔者建议各钢铁企业可到最低5家的单位去学习交流，以有效降低本企业的采购成本，在新常态下取得降本增效的实效。优化原料采购可最大限度地实现降本增效，其关键在于根据铁矿石综合品位性价比的排序和配矿结构进行采购。

2.2 铁矿石综合品位及其性价比的计算方法

对企业准备采购的铁矿石(粉)进行综合品位计算，公式为[4]：

$$TFe_{综} \geqslant \frac{TFe}{1-LOI}\left(100+\frac{2R_2(SiO_2+Al_2O_3)}{1-LOI}-\frac{2(CaO+MgO)}{1-LOI}+\frac{2(S+P)}{1-LOI}+\frac{5(K_2O+Na_2O+Pb+Zn+As+Cl)}{1-LOI}\right)^{-1}\times 100\%$$

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

根据计算结果，再计算出表观品位价（到厂价/表观品位）、综合品位价（到厂价/综合品位）及综合品位性价比（表观品位价/综合品位价），把以上相关数据和计算结果列为综合品位性价比计算结果排序表（详见表 2、表 3）。企业应根据综合品位性价比的排序与配矿结构选择采购的矿种。

2.3　建立企业配矿结构的主矿体系

所谓主矿体系是指烧结配矿要由几种主要的矿种组成，只有烧结的主矿体系稳定了，才能稳定烧结矿的质量，而稳定的烧结矿质量，是高炉炉况稳定的基础。依据国内外已有的经验，烧结矿的主矿体系可由以下三种形式构成[4]：

1）一种以高品位、低硅、低铝的赤铁矿粉或磁铁矿粉与以高水化程度的两种褐铁矿（其比例为 40% ~70%）组成的主矿体系，所得到的烧结矿与采用全优质赤铁矿粉具有同样优良的成品率和性能。

2）以中等水化程度的褐铁矿粉（如马拉曼巴矿的西安吉拉斯、麦克粉、何普当斯粉）作为主要原料，由于其粒度细，料层透气性差，可采用比生石灰更优的粘结剂强化制粒，改善料层透气性和提高成品矿强度。

3）以高水化程度的褐铁矿粉和中等水化程度的褐铁矿粉为主要原料的烧结技术，以粗粒作制粒的核心，以几种微粒作包裹料强化制粒，改善料层的透气性，确保生产率不下降。

建立以上三个主矿体系，均体现了提高褐铁矿粉的比例，以达到降低采购成本，而不降低入炉料质量的低成本战略；建立以上三个主矿体系，均需采用强化制粒工艺技术，改善料层透气性，确保烧结产质、量的低成本战略。

3　优化烧结配矿的目标、原则和方法

3.1　优化烧结配矿的目标

优化烧结配矿应满足以下要求和目标：

1）满足高炉对碱度和化学成分的要求，成品矿的主要化学成分包括碱度、品位和 SiO_2 含量，MgO、Al_2O_3、FeO 和有害元素满足高炉冶炼的要求。

2）满足高炉对烧结矿强度和粒度的要求。

3）满足高炉对烧结矿冶金性能的要求，特别注重对高炉块状带的还原性和高炉下部软熔带透气性的要求。

4）满足高炉顺行和稳定性的要求，特别要确保高炉稳定性的要求。

5）满足节能减排，提高效益和低成本的要求。

3.2　优化烧结配矿的原则

优化烧结配矿应坚持以下各项原则：

1）坚持高品位、低渣比的精料方针原则。

2）坚持低 MgO、低 FeO、高还原性的原则。

3）坚持低燃耗、低电耗的低能耗原则。

4）坚持低有害元素、有利于高炉长寿的原则。

5）坚持低成本、高效益的原则。

3.3　优化烧结配矿的方法

3.3.1　按铁矿粉的烧结反应性合理配矿的方法

所谓烧结反应性是指矿粉的酸性脉石与 CaO 同化和熔化反应的能力，它可以用烧结生产率（利用系数）和成品矿的机械强度（转鼓指数）这一对指数来表示。据此可将铁矿粉的反应性分为优、中、差三类，在烧结配矿时按三类不同合理搭配[5]。

3.3.2　按铁矿粉的烧结基础特性合理配矿的方法

铁矿粉的烧结基础特性包括同化性、液相流动性、粘结相强度、生成铁酸钙的能力和连晶固结能力。配矿原则一般在化学成分、物理性能和满足高炉炼铁成本需求的条件下，使同化性高与同化性低合理搭配，液相流动性指数低的与高的合理搭配，尽量多用粘结相自身强度高、铁酸钙生成能力强和连晶固结能力高的铁矿粉，通过铁矿粉基础特性的合理搭配，使铁矿粉自身特性互补，获得烧结生产所要求的质量目标[6]。

3.3.3　按铁矿粉晶体颗粒大小，水化程度和 Al_2O_3 含量高低三个特性合理配矿方法

根据巴西淡水河谷公司研发的配矿方法，将铁矿粉的三个特性都分为粗、中、细和高、中、低三类。矿粉晶粒的大小按 <40 μm 的为细晶

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

粒、40 ~ 120 μm 的为中等晶粒、> 120 μm 的为粗晶粒; 水化程度是指针铁矿含量对赤铁矿含量的比例,一般可按结晶水含量 > 6%、6% ~ 3%、< 3% 分为高、中、低三档; Al_2O_3 含量按 > 2%、2% ~ 1% 和 < 1% 分为高、中、低三档。当铁矿粉晶体颗粒小、水化程度高时,有利于提高烧结的产量; 当晶体颗粒粗,水化程度低时,有利于降低燃耗; 细晶体颗粒、低 Al_2O_3 含量有利于提高成品矿的强度和改善 RDI 指数[7]。

3.4 关于优化配矿的计算方法

目前最常见的是采用 EXCEL 表格法,该方法比较简单易行,也有采用 EXCEL + 数学模型的方法[8],比较复杂的计算方法是采用线性规划方法[9],还有烧结优化配料模型[10]。目前在高校和科技界已广泛采用美国学者提出的线性规划 Matlab 软件作优化配矿的具体计算。

4 优化原料采购与烧结、高炉配矿一体化的实例

4.1 一体化的基本条件:

根据某港口企业铁矿粉和资源循环的化学成分及到厂价(见表2)计算综合品位、表观品位价、综合品位价。其综合品位性价比的结果列于表3。

表2 某港口企业现有铁矿资源化学成分及到厂价

矿粉名称	成分及烧损/%										到厂价/元·t^{-1}
	TFe	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	S	P	K_2O	Zn	LOI	
Pb 块矿	62.85	3.48	1.65	0.02	0.10	0.021	0.090			3.97	525.49
纽曼块矿	63.21	5.33	2.45	0.03	0.01	0.043	0.090			3.90	507.38
巴西块矿	64.00	4.33	1.61	0.02	0.01	0.300	0.120			2.00	550.38
澳大利亚球	64.97	2.27	0.36	0.01	0.02	0.001	0.008				644.74
乌克兰球	65.35	5.61	0.27	0.02	0.01	0.016	0.010				640.38
国产球团	62.10	6.80	0.54	0.10	0.02	0.010	0.020				615.20
巴卡粉	65.12	1.93	1.41	0.20	0.10	0.019	0.058			2.34	551.97
巴粗粉(高)	64.17	3.36	1.51	0.04	0.07	0.020	0.038	0.016	0.004	2.09	540.00
巴粗粉(低)	59.23	10.59	1.15	0.09	0.22	0.017	0.050	0.031	0.001	2.23	372.05
西安吉拉斯粉	61.72	3.20	1.36	0.01	0.05	0.014	0.067			6.32	506.00
Pb 粉	61.42	3.67	2.46	0.02	0.03	0.028	0.104			5.90	506.00
超特粉	56.38	6.04	2.95	0.01	0.02	0.038	0.047			8.80	416.16
混合粉	58.56	4.57	2.73	0.10	0.03	0.048	0.067			7.15	482.01
巴混粉	63.83	4.49	1.47	0.05	0.10	0.021	0.061			0.98	519.83
SSFT 粉	63.50	5.80	0.92	0.10	0.03	0.020	0.049			1.28	516.13
SSFG 粉	62.80	5.60	1.80	0.15	0.03	0.021	0.060			1.49	478.26
FMG 粉	58.09	4.96	2.07	0.06	0.07	0.027	0.064	0.047	0.001	7.70	446.70
杨迪粉	57.51	5.82	1.26	0.10	0.15	0.038	0.038			9.98	480.00
罗布河粉	57.12	5.21	2.70	0.50	0.08	0.033	0.034			9.26	475.00
麦克粉	61.59	2.10	4.17	0.10	0.10	0.060	0.081			6.22	462.00
马来西亚粉	55.70	13.00	1.57	1.69	0.18	0.030	0.600	0.620	0.001	1.01	285.00
毛里塔尼亚	53.00	22.28	0.53	–	–	0.003	0.098			0.55	320.00
热返矿	55.67	5.82	1.90	9.98	1.75	0.035	0.040				508.80
冷返矿	55.29	6.08	1.97	9.98	1.81	0.300	0.045				508.80
杂料矿	53.22	7.27	2.04	8.71	3.19	0.158	0.036				388.00
高镁粉		7.26	–	1.57	76.36	–				13.92	457.50
生石灰粉		2.46	–	77.96	2.80	–				11.81	357.00
焦粉		7.47	5.23	0.75	0.22	0.84				87.70	587.00

注: 到厂价指的是每 t 干矿的价格。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　表观品位价、综合品位价及综合品位性价比计算结果

矿粉名称	表观品位/%	综合品位/%	表观品位单价/元·%$^{-1}$	表观品位价排名	综合品位单价/元·%$^{-1}$	综合品位价排名	综合品位性价比	综合品位性价比排名
Pb 块矿	62.850	58.296	8.361	17	9.014	16	0.928	8
纽曼块矿	63.210	55.360	8.027	9	9.165	18	0.876	20
巴西块矿	64.000	56.918	8.600	20	9.670	22	0.889	16
澳大利亚球	64.970	61.288	9.924	25	10.520	23	0.943	7
乌克兰球	65.350	57.569	9.799	23	11.124	24	0.881	18
国产球团	62.100	53.212	9.907	24	11.561	25	0.857	22
巴卡粉	65.120	62.081	8.476	19	8.891	13	0.953	5
巴粗粉(高)	64.170	58.814	8.415	18	9.182	20	0.917	13
巴粗粉(低)	59.230	47.595	6.281	3	7.817	4	0.804	23
西安吉拉斯粉	61.720	59.227	8.198	12	8.543	8	0.960	4
Pb 粉	61.420	56.680	8.238	14	8.927	14	0.923	11
超特粉	56.380	50.345	7.381	5	8.266	6	0.893	15
混合粉	58.560	53.426	8.231	13	9.022	17	0.912	14
巴混粉	63.830	56.691	8.144	11	9.169	19	0.888	17
SSFT 粉	63.500	55.675	8.128	10	9.270	21	0.877	19
SSFG 粉	62.800	54.451	7.616	7	8.783	10	0.867	21
FMG 粉	58.090	53.475	7.690	8	8.353	7	0.921	12
杨迪粉	57.510	54.277	8.346	16	8.843	12	0.944	6
罗布河粉	57.120	52.934	8.316	15	8.973	15	0.927	9
麦克粉	61.590	56.984	7.501	6	8.108	5	0.925	10
马来西亚粉	55.700	41.840	5.117	2	6.812	2	0.751	24
热返矿	55.670	58.944	9.140	21	8.632	9	1.059	1
冷返矿	55.290	57.820	9.202	22	8.800	11	1.046	2
杂料矿	53.220	54.306	7.290	4	7.145	3	1.020	3
毛里塔尼亚	53.000	34.842	4.340	1	6.601	1	0.657	25

4.2　优化烧结配矿方案的实例及分析

4.2.1　优化烧结配矿方案的实例

根据表 2、表 3 的计算结果和排序，烧结矿配矿由三种主矿和企业现有的其它含铁资源设计五组配矿方案(见表 4)。其中按方案 1 作了品位调整为方案 4，目的在于比较采用性价比排序的先后次序进行配矿，以说明综合品位性价比排序对烧结矿成本的影响；同时按方案 2 配矿，主矿体系不作调整，达到配矿方案 1 品位的要求，方案 5 与方案 1 对比，以说明铁矿粉综合品位性价比对配矿成本的影响。

4.2.2　五组配矿方案结果的分析

由表 4 可知，优化烧结配矿方案表现为两个不同品位(60% 和 57%)、三个不同主矿体系(主矿的综合品位由高到低)，在碱度和主要化学成分基本相同的条件下，比较铁矿粉综合品位性价比对烧结成本的影响。由其结果可见：

1) 铁矿粉综合品位性价比排序对烧结配矿的成本起着决定性的作用，相同成品矿品位由于主矿的性价比不同而使成品矿的成本产生较大的差值，60% 品位的方案 5 与方案 1 相比，成品矿的成本相差 51.81 元/t，同样 57% 品位的方案 3 与方案 4 相比，吨矿的成本相差 54.61 元。

2) 主矿体系的组合是影响烧结矿成本的重要因素，烧结特性的优势互补原则不是一般的高低或优劣搭配，而是要选择综合品位性价比相一致的合理搭配，否则将会影响烧结配矿成本。

3) 配矿品位目标值是影响烧结成本的基础因素，但不是唯一因素，决定烧结成本的关键因素还是铁矿粉的综合品位性价比及其组合。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表4 港口企业优化烧结配矿不同方案的效果对比

方案	主矿铁矿粉名称	配比/%	综合品位性价比排序	TFe/%	SiO_2/%	MgO/%	Al_2O_3/%	R_2/%	吨矿原料成本/元·t^{-1}	吨矿成本/元·t^{-1}
方案1	巴卡粉	20	5	60.21	4.96	1.60	1.63	1.92	456.9	551.9
	西安吉拉斯粉	22	4							
	杨迪粉	10	6							
方案2	巴粗粉	16.5	13	57.14	4.91	1.79	2.07	1.92	481.87	576.87
	Pb粉	20.5	11							
	罗布河粉	18	9							
方案3	巴混粉	20.5	17	57.41	5.51	1.75	2.02	1.93	491.05	586.05
	混合粉	20.5	14							
	FMG粉	16.5	12							
方案4	巴卡粉	20.5	5	57.28	4.74	1.59	1.57	1.91	436.44	531.44
	西安吉拉斯粉	18.5	4							
	杨迪粉	16.5	6							
方案5	巴粗粉	21.5	13	60.24	5.07	1.80	1.93	1.92	508.71	603.71
	Pb粉	20	11							
	罗布河粉	16.5	9							

4) 主矿体系的综合品位性价比不仅是影响烧结配矿成本的决定性因素，它往往还会严重影响成品矿的主要化学成分和质量。

4.3 优化高炉配矿方案的实例与分析

4.3.1 优化高炉配矿四个方案的实例

根据表2、表3的计算结果及排序，选择五组烧结配矿中的方案4的成品矿作为高炉优化配矿的烧结矿，优化高炉配矿主要是变更炉料结构，四个不同方案依据表3中球团矿和块矿的排序进行组合，每个方案酸性炉料的配比保持不变，表明由于入炉矿品位不同造成渣铁比不同，从而影响燃料比和生铁成本。四个不同方案的效果列于表5。

表5 优化高炉配矿不同方案的效果

项 目		方案1			方案2			方案3			方案4		
炉料结构		自产烧结矿	澳大利亚球团	Pb块矿	自产烧结矿	乌克兰球	巴西块矿	自产烧结矿	国产球团	纽曼块矿	自产烧结矿	国产球	毛里塔尼亚块
配比/%		75	15	10	75	15	10	75	15	10	75	15	10
性价比排序			7	8		18	16		22	20		22	25
入炉矿品位/%			59.30			59.34			58.60			57.58	
渣铁比/kg·t^{-1}			271.4			292.3			306.62			370.5	
入炉焦比/kg·t^{-1}			366.2(516.5)			370.0(520.3)			372.6(522.9)			384.1(534.4)	
矿耗成本/元·t^{-1}		640.5	155.4	84.5	640.1	154.3	88.4	648.3	150.3	82.5	659.7	152.8	52.9
燃料成本/元·t^{-1}			371.97			374.73			377.71			387.68	
熔剂成本/元·t^{-1}			–			3.93			5.89			20.35	
原燃料成本/元·t^{-1}			1 252.36			1 261.34			1 264.44			1 271.83	
生铁成本/元·t^{-1}			1 429.96			1 438.94			1 442.04			1 449.43	
炉渣成分/%	CaO		40.73			41.30			41.63			43.53	
	MgO		7.27			6.98			6.50			5.38	
	SiO_2		36.79			37.32			37.59			39.26	
	Al_2O_3		13.10			12.07			12.88			10.66	
	R_2		1.107			1.107			1.107			1.109	
	MgO/Al_2O_3		0.555			0.578			0.505			0.505	
不同炉料结构效果			基准			–8.98			–12.08			–19.47	

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4.3.2　对高炉配矿四个方案效果的分析

由表 5 高炉配矿四个不同方案效果比较可见:

1) 四个方案中,由于使用性价比排序不同的矿种,引起入炉矿品位和渣铁比的不同,验证了入炉矿品位和渣铁比变化与炉料结构的球团矿和块矿的性价比排序相一致。

2) 高炉炼铁炉况的稳定与炉渣的稳定性相关,生铁成本需建立在稳定炉渣碱度及其性能的基础上,其又取决于构成炉料结构铁矿石的综合品位性价比。

3) 用于高炉冶炼的球团矿和块矿的性价比排序,实质上决定了渣铁比的高低,降低渣铁比是降低高炉炼铁成本的基础。

4) 不同炉料结构的效果(生铁成本)与球团矿和块矿的性价比排序直接相关,高性价比的炉料经济效果明显,低品质矿在低矿价的新常态下的效果是负值。

5) 四个不同配矿方案的效果比较,仅考虑了入炉矿品位和燃料比变化的效果,没有把入炉矿品位与产量的变化效果、烧结矿和焦炭质量对炼铁成本的影响计算在内,而实际上其效果应计入以上因素对成本的价值。

5　结　论

由以上优化原料采购与烧结、高炉配矿一体化的讨论和烧结、高炉配矿实例的分析可以得出如下结论:

1) 高炉炼铁的成本和节能减排占钢铁企业成本的 70% 以上,钢铁企业降低成本主要是降低铁前成本。

2) 降低高炉炼铁成本的关键在于降低高炉炼铁原燃料的成本,降低铁前含铁原料成本重在依据铁矿石综合品位性价比和配矿体系降低采购成本。

3) 优化原料采购与烧结、高炉配矿一体化可最大限度地降低铁前原料成本,提高铁前生产效益。

4) 优化原料采购与烧结、高炉配矿一体化,通过优化烧结配矿和高炉配矿的实例计算,说明其具有重大的经济价值。

5) 优化高炉炼铁原料采购与烧结、高炉配矿一体化的思路和方法,包括铁矿石综合品位性价比的计算方法与计算软件,优化烧结配矿和高炉配矿的软件,对降低烧结和高炉炼铁成本具有重大的经济价值和推广应用前景。

致谢: 安阳市技术监督局罗玉強和北大附中许文瑞分别承担了铁矿粉综合品位性价比和烧结、高炉配矿软件的编制工作,在此深表感谢!

参考文献

[1] 许满兴. 钢铁企业铁前降低成本的思路与关键[C]//低成本、低燃料比炼铁新技术文集,2016.

[2] [作者不详]. 钢企如何参与互联网时代[N]. 中国冶金报,2016-5-30.

[3] [作者不详]. 中国钢铁工业协会对标挖潜办公室"对标挖潜"企业主要原燃材料采购成本数据显示[N]. 中国冶金报,2016-2-18.

[4] 许满兴. 创建铁矿粉综合品位性价比的计算方法,提高企业低成本竞争力[C]//2015 年全国烧结球团技术交流年会论文集,2015,1-6.

[5] Brazil, CaPorali et al. The concept of sintering reactivity of iron ore[J]. Iron and stee 1999: 111.

[6] 吴胜利,刘宇,杜建新,等. 铁矿石的烧结基础特性之新概念[J]. 北京科技大学学报,2002(3):254-257.

[7] Brazil, Lafyettel. CaPorali et al. Using the characteristics of iron ore to improve the performance of sintering and blast furnace[C]//The International Conference on Chinese steel, 2002: 39.

[8] 饶家庭,张义贤. 利用 Excel 规划求解模块建立烧结配矿优化模型[C]//全国烧结球团技术交流年会论文集 2016: 37-38.

[9] 吕学伟,白晨光,邱贵宝,等. 三种优化烧结配料方法的比较[J]. 烧结球团,2006,31(02):11-15.

[10] 经文波. 炼铁炉料成本优化控制[C]//第十四届全国大高炉炼铁学术年会论文集,2013,607.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net